A thick dark blue vertical bar on the left side of the page. A blue arrow points to the right from this bar, containing the text '2016/2017'.

2016/2017

# Véhicule Autonome et Interactif

Partie : alimentation de la  
télécommande.

Responsable pédagogique :

Sagonéro Cyril

Aubry Pierre

Intervenant

Oukrat Rémi

Nazim Zakari Saibi

RENAUD Pierre Louis SER 2

## Table des matières

I Présentation du projet .....	2
II Cahier des charges.....	3
III Schéma fonctionnel.....	4
1. Schéma fonctionnel de niveau 1 .....	4
2. Schéma fonctionnel de niveau 2 .....	5
IV Recherche des solutions .....	6
1. Etude du cahier des charges .....	6
2. Solutions disponibles.....	7
3. Tableau récapitulatif : .....	13
V Analyse structurelle .....	17
Schéma structurel.....	17
Analyse structurelle .....	18
VI Fabrication.....	25
1. Nomenclature.....	25
2. Plan .....	26
3. Tests de fonctionnement .....	28
VII Programmation .....	28
Etude de registres.....	28
Algorigramme niveau 1 .....	30
VIII Mesures et validation.....	32
IX Conclusion .....	36
Annexes .....	38
Logiciel utilisé :.....	38
Matériel utilisé :.....	38
Calcul de dimension de la batterie : .....	41
Bilan énergétique.....	42
Programme en langage C.....	44

## I Présentation du projet

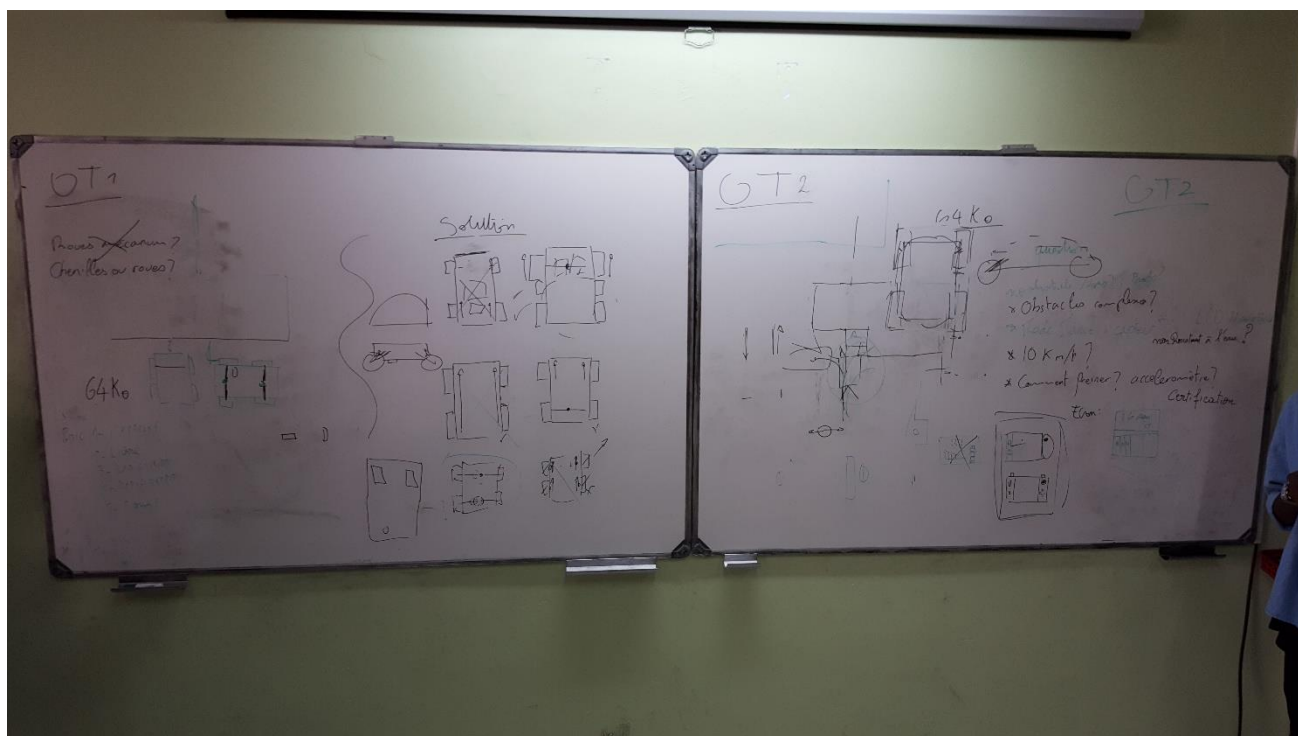
En vue de clôturer notre année et de nous donner un bon aperçu des projets en entreprise, il nous a été demandé de concevoir un Véhicule Autonome et Interactif. Un cahier des charges sommaire nous a été fourni et notre rôle a été de le compléter afin d'aboutir à la réalisation de ce projet.

Nous avons pour objectif de réaliser un véhicule motorisé capable d'appréhender son environnement ou d'être commandé à distance.

Le contexte de ce projet se situe en condition d'entreprise, en conséquence, il nous faut respecter les contraintes de l'entreprise en termes de coût, de gestion du temps et de moyens techniques. Ce prototype peut être présenté aux professionnels comme au grand public.

Ce premier projet industriel nous permettra de mieux comprendre et appréhender nos futures missions professionnelles dans le cadre de l'entreprise.

Ce projet a été divisé en différentes parties et mon rôle a été de concevoir l'alimentation de la télécommande qui contrôlera le véhicule. Je vais donc en détailler la réalisation et les différentes étapes de réflexion qui ont abouti à des choix pour la sélection des composants. Cette démarche a commencé par un échange entre nous qui est illustré par l'image ci-dessous :



## II Cahier des charges

### Présentation du travail demandé :

-Assurer l'alimentation autonome et complète de la télécommande avec une autonomie de 60 min. Le système doit permettre le rechargement complet de l'alimentation. Elle fournit tous les courants et tension nécessaires à l'ensemble des cartes présentes dans le boîtier. Elle assure également la mesure de l'énergie disponible ou de l'autonomie de la télécommande.

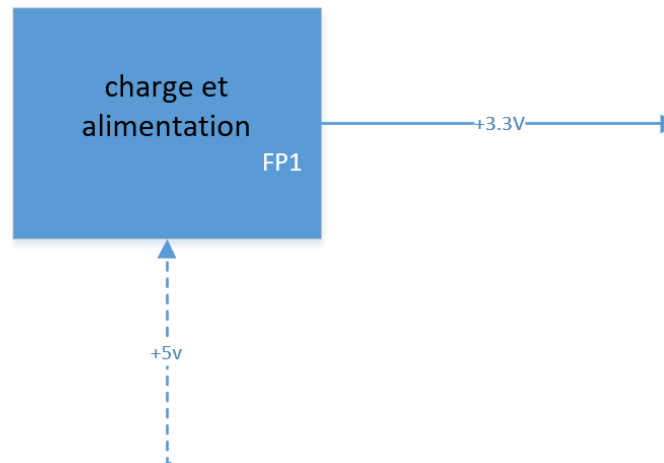
### Cahier des charges approfondi

- 1) -Doit satisfaire au besoin énergétique de tout l'objet technique (télécommande).
- 2)-Avoir une autonomie de 60 min minimum sur batterie.
- 3)-Doit assurer un rechargement complet sur alimentation secteur.
- 4)-Doit pouvoir connaître l'autonomie.
- 5)-Doit avoir une connectique universelle.
- 6)-Doit avoir une protection du système et humaine.
- 7)-Doit prendre en compte les contraintes d'espace des systèmes embarqués. (Implantation)

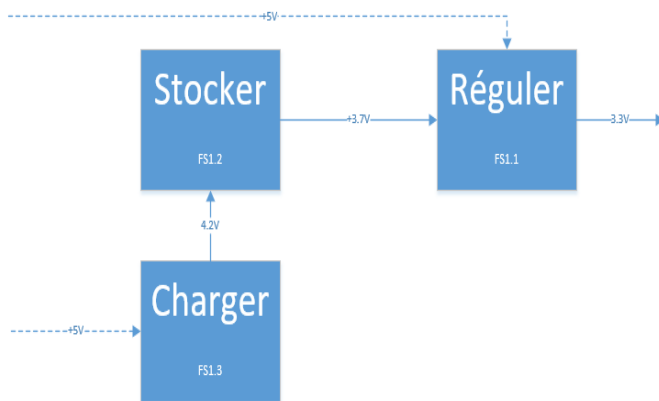
Fonction	Critères	Modifications	Type
FP1 : charge et alimentation	Fournir une tension Fournir un courant Autonomie	3.3V 5 1h15	Principal
FS1 : IHM	IHM	Indication sur l'écran de la télécommande.	Secondaire
FS2 : connectique universelle	Doit permettre le rechargement et la programmation de l'ot	Prise micro USB	Secondaire
FS3 : protection	Doit protéger le système. Doit protéger l'utilisateur.	Diode de non-retour  Fusible (500mA)	Secondaire
FS4 : contraintes de l'embarqué	Poids,Taille(circuit)  Poids, Taille (accumulateur) Température	150g L :10cm/l :5cm/H :4cm 50g L :7cm/l :4cm/H :5mm 0°C à +40°C	Secondaire

### III Schéma fonctionnel

#### 1. Schéma fonctionnel de niveau 1



## 2. Schéma fonctionnel de niveau 2



### Description des signaux

Signaux	Forme	Commentaire
EDF(230V)	Sinusoïdale (50Hz)	Tension sortant du réseau électrique.
+5V	Continue	Tension sortant de la prise USB.
+4.2V	Continue	Tension sortant du circuit chargeur.
+3.7V	Continue	Tension nominale de la batterie
+3.3V	Continue	Tension sortant du régulateur utilisé par le montage.

## IV Recherche des solutions

### 1. Etude du cahier des charges

- 1) -Doit satisfaire au besoin énergétique de tout l'objet technique (télécommande).  
-Solution technique disponible : Régulateur à découpage ou régulateur linéaire.
- 2) -Avoir une autonomie de 60 min minimum sur batterie.  
-Solution technique disponible : accumulateur, panneaux solaires
- 3) -Doit assurer un rechargement complet sur alimentation secteur.  
-Solution disponible (gestion charge ACCUMULATEUR) : CI, température, temps de charge, gestion du courant, gestion des tensions, gestion de la charge par programmation.
- 4) -Doit pouvoir connaître l'autonomie.  
-Solution disponible : IHM
- 5) -Doit avoir une connectique universelle.  
-Solution disponible : USB type C, micro USB, USB type B.
- 6) -Doit avoir une protection du système et humaine.  
-solution disponible : fusible, diode, parafoudre.
- 7) -Doit prendre en compte les contraintes d'espace des systèmes embarqués. (Implantation)  
-poids, taille (L,I,H)

## 2. Solutions disponibles

-Doit satisfaire au besoin énergétique de tout l'objet technique (télécommande).

Pour satisfaire aux besoins énergétiques de la télécommande on a deux solutions disponibles :

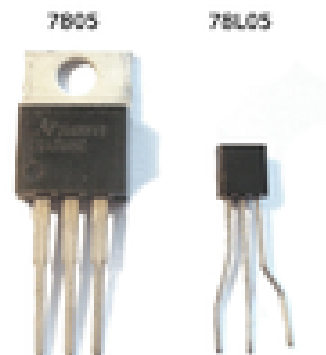
-Régulateur linéaire a sortie fixe

-Régulateur à découpage

### Approfondissement des solutions :

#### 1. Régulateur linéaire à sortie fixe (LDO) :

Ce composant permet d'abaisser et de stabiliser une tension qu'on fournit. Il existe soit une version a tension de sortie fixe ou bien en version ajustable. Il fonctionne comme une résistance variable. Ce composant n'est pas retenu car son rendement est inférieur au régulateur à découpage. De plus on doit y intégrer une zone pour la dissipation thermique ou mettre un dissipateur qui prend plus d'espace.



Source : Wikipédia

<u>Avantage</u>	<u>Inconvénient</u>
Facile à mettre en œuvre	Rendement médiocre
Faible coût	Puissance dissipée grande
Faible bruit	Utilisation d'un dissipateur
	Encombrement plus important



## 2. Régulateur à découpage

Il existe des circuits qui fonctionnent dans le principe de l'alimentation à découpage dans un espace réduit et qui proposent des puissances intéressantes. Ce système permettrait d'avoir un gain de place et de poids sur le montage. Il en existe plusieurs types dont les principaux sont : Buck et Boost.

Ce système est retenu pour la suite du projet car il possède un meilleur rendement que le LDO et sa mise en place est plus simple. On utilisera un régulateur de type Buck pour la suite du projet.

Le convertisseur Buck ou hacheur série est un régulateur qui abaisse une tension d'entrée en tension de sortie plus faible.

Le principe est de faire varier le rapport cyclique.

Dans le cas du Buck on n'a :

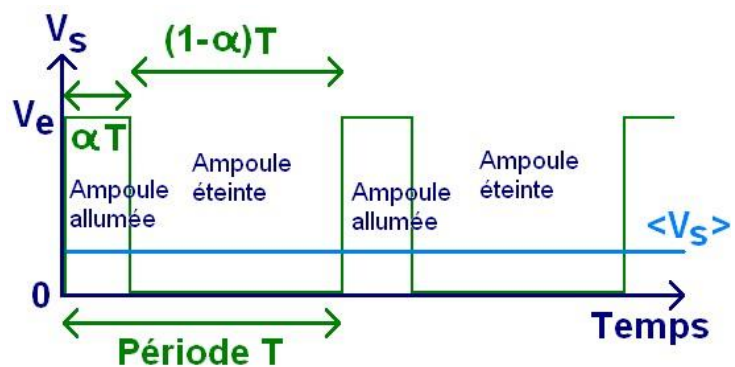
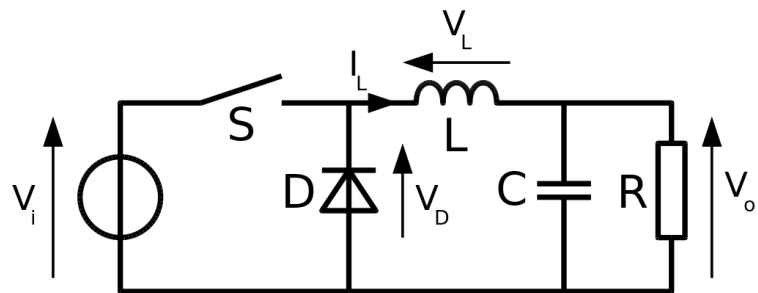
$$V_s = \alpha V_e$$

Avec

$V_s$  : la tension de sortie en V

$V_e$  : la tension d'entrée en V

$\alpha$  : le rapport cyclique



Source Wikipédia et astuce-pratique

<u>Avantage</u>	<u>Inconvénient</u>
Rendement élevé	Coût un peu plus élevé
Faible dissipation thermique	Bruit parasite important
Faible encombrement	

Un abaisseur LM3671/Q1 qui fournit 3.3V en sortie est choisi pour l'alimentation de la télécommande.

-Avoir une autonomie de 60 min minimum sur batterie.

Solution disponible :

-Panneaux solaires

-Accumulateur

Approfondissement des solutions :

### 1. Panneaux solaires

Une technologie a été retenue par rapport aux autres qui est le « silicium amorphe ».

-silicium amorphe

Cette technologie a un avantage par rapport aux autres : elle peut produire de l'énergie avec un éclairage artificiel.

-silicium amorphe

#### Avantage

Fonctionne avec éclairage faible  
Moins chère  
Intégration simple

#### Inconvénient

Très faible rendement  
Performance en diminution avec le temps.

Cette solution ne sera pas retenue car sa mise en œuvre est complexe et le cahier des charges demande un rechargement par USB. Donc cette solution ne peut servir que d'appoint et son intégration serait plus onéreuse.

### 2. Accumulateur

- Tension et courant :

La tension et le courant débité est fixé par le potentiel d'oxydo-réduction du couple utilisé. Pour augmenter la tension, on place plusieurs accumulateurs en série et pour augmenter le courant on place plusieurs accumulateurs en parallèle.

Unité utilisée : Volt(V) ; Ampère(I).

### -Capacité

La capacité d'une pile ou d'un accumulateur est la quantité de charge maximale qu'il peut fournir dans un temps donné. L'unité SI de la capacité est le Coulomb (C) mais on retrouve la plupart du temps l'ampère-heure comme unité (1Ah->3600C).

L'intensité du courant de décharge peut être calculé de la façon suivante :

$$I = \frac{Q}{T}$$

Avec :

I : en ampère

Q : la capacité en ampère-heure

T : en Heure

### -Régime de charge et de décharge

En charge on retrouvera souvent les l'expressions :

$$\frac{C}{n} \text{ ou } nC$$

Avec :

-C en Ah.

-n étant un coefficient entier donné dans la datasheet.

### -Energie massique et énergie volumique

-L'énergie massique : rapport de l'énergie W que peut fournir le générateur a sa masse m :

$$Wm = \frac{W}{m}$$

-L'énergie volumique Wv rapport de l'énergie W que peut fournir le générateur a son volume V :

$$Wv = \frac{W}{V}$$

### Encombrement

-Petit cylindre (corps solide sans bornes, tels qu'utilisés dans les batteries d'ordinateur portable)

-Grand cylindre (corps solide avec de grandes bornes filetées)

-Pouch (corps plat doux, tels qu'utilisés dans les téléphones cellulaires, aussi appelés batteries de polymère li-ion ou lithium polymère).

### -Nickel cadmium (Ni-Cd)

Tension nominale 1.2V. Cet accumulateur possède un effet mémoire, ce qui impose son stockage dans un état de décharge de 0.6V. La fin de charge est une variation de la tension de charge négative. Le cadmium est très polluant.

Nom de la batterie	Nickel cadmium (Ni-Cd)
Energie/poids (Wh/kg)	40-60
Energie/volume (Wh/l)	50-150
Durée de vie (cycle)	1500
Tension nominale (V)	1.2
Température °	-20+65°C
Autodécharge %	20%
Cycle de charge/décharge	1500

<u>Avantage</u>	<u>Inconvénient</u>
Charge simple et rapide.	Faible densité énergétique.
Nombre de cycle charge/décharge important.	Auto charge importante.
Résistance interne faible.	Présence de substances dangereuses.
/	Coût plus élevé.

### -Nickel métal hydrure (Ni-MH)

Tension nominale de ce type d'accumulateur est de 1.2V. Egalement peu polluant et un effet mémoire très faible. En charge rapide  $\frac{C}{5}$  la fin de charge se caractérise par une variation de la tension en charge très faiblement négative. Energie massique 60-110.

Nom de la batterie	Nickel métal hydrure (Ni-MH)
Energie/poids (Wh/kg)	30 à 80
Energie/volume (Wh/l)	140 300
Durée de vie (cycle)	500 à 1000
Tension nominale (V)	1.2
Température °	-20 à +65°C
Autodécharge %	1%

<u>Avantage</u>	<u>Inconvénient</u>
Densité massique plus importante	Détection de fin de charge complexe
Simple à stocker	Cycle de charge/décharge plus faible que le NI-Cd
Ne contient aucuns métaux lourds	/

### -Nickel zinc (Ni-Zn)

Tension nominale de 1.65V. Accumulateur robuste, faible poids et parfaitement sûr. Durée de vie en nombre de cycle équivalant à celle du Ni-Cd.

Nom de la batterie	Nickel zinc (NI-Zn)
Energie/poids (Wh/kg)	65 à 80
Energie/volume (Wh/l)	120 à 140
Durée de vie (cycle)	1000
Tension nominale (V)	1.65
Température °C	-20, +65°C
Autodécharge %	NC

<u>Avantage</u>	Inconvénient
Forte puissance délivrée	/
Résistance interne faible	/
Aucuns métaux lourds	/
Autodécharge correcte	/

### -Lithium-polymère

Tension nominale de 3.7V. Ce genre de batterie est très performant mais elle nécessite un circuit de surveillance de charge et de décharge. De plus, la charge de ce type d'accumulateur peut engendrer une surchauffe voire une explosion de l'accumulateur si elle est mal réalisée.

Nom de la batterie	Lithium-polymère
Energie/poids (Wh/kg)	100 à 250
Energie/volume (Wh/l)	200 à 620
Durée de vie (cycle)	1000 ou 1200 cycle
Tension nominale (V)	3.7
Température °	0 à +40°C
Autodécharge %	<1%
Temps de charge (h)	Dépend du courant de charge

<u>Avantage</u>	<u>Inconvénient</u>
Grande maniabilité des formes des batteries	Plus chère que le li-ion
Densité énergétique importante	Charge complexe
Faible poids	Faible taux de charge/décharge
	Moins sûr que les accumulateur li-ion
	Tension max et minimale à respecter sous réserve de causer des dégâts irréversibles.

### -Lithium-ion

Tension nominale de 3.7V. Ce genre de batterie est très performant mais elle nécessite un circuit de surveillance de charge et de décharge. De plus, la charge de ce type d'accumulateur peut engendrer une surchauffe voire une explosion de l'accumulateur si elle est mal réalisée.

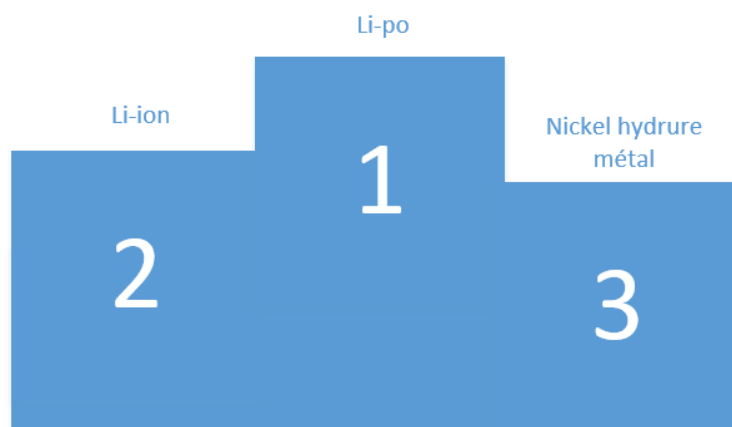
Nom de la batterie	Lithium-ion
Energie/poids (Wh/kg)	100 à 265
Energie/volume (Wh/l)	250 à 620
Durée de vie (cycle)	500 à 1000
Tension nominale (V)	3.7
Température °	0 à +40°C
Autodécharge %	<1%
Temps de charge (h)	Dépend du courant de charge

<u>Avantage</u>	<u>Inconvénient</u>
Haute densité énergétique.	Décharge profonde dangereuse.
Aucun effet mémoire.	Résistance interne plus élevée.
Faible autodécharge.	Courant de charge et de décharge plus faible.
Aucune maintenance.	Composant dangereux si en contact avec l'eau.

### 3. Tableau récapitulatif :

Nom de la batterie	Nickel-cadmium	Nickel-zinc	Nickel-métal hydrure	Lithium-ion	Lithium polymère
Energie/poids (Wh/kg)	40 à 60	65 à 80	30 à 80	100 à 205	150 à 190
Energie/volume (Wh/l)	50 à 150	126 à 148	140 à 300	250 à 520	250 à 620
Durée de vie (cycle)	1500	1000	500 à 1000	500 à 1000	2000 à 3000
Tension nominale (V)	1,2	1,65	1,2	3,7	3,7
Température °	[-20 ; +65]	[-20 ; +60]	[-20 ; +65]	[0 ; +40]	[0 ; +40]

Accumulateur	Avantages	Inconvénient
Nickel cadmium	Charge simple et rapide. Nombre de cycle charge/décharge important. Résistance interne faible.	Faible densité énergétique. Auto charge importante Présence de substances dangereuses. Coût plus élevé.
Nickel métal hydrure	Densité massique plus importante Simple à stocker Ne contient aucuns métaux lourds	Détection de fin de charge complexe Cycle de charge/décharge plus faible que le NI-Cd
Nickel zinc	Forte puissance délivrée Résistance interne faible Aucuns métaux lourds Autodécharge correct	
Lithium-polymère	Haute densité énergétique. Aucun effet mémoire. Faible autodécharge. Aucune maintenance.	Décharge profonde dangereuse. Résistance interne plus élevé. Courant de charge et de décharge plus faible. Composant interne dangereux si en contact avec l'eau.
Lithium-ion	Haute densité énergétique. Aucun effet mémoire. Faible autodécharge. Aucune maintenance.	Décharge profonde dangereuse. Résistance interne plus élevé. Courant de charge et de décharge plus faible. Composant dangereux si en contact avec l'eau.



### En conclusion :

Un accumulateur au lithium polymère BAK LP-573442-1S-3 3.7V 1200mAh avait initialement été sélectionné pour le projet. Mais un accumulateur li-ion Sony Dualshock 3 3,7V déjà en stock sera utilisé pour la suite du projet.

### -Doit assurer un rechargement complet sur alimentation.

La charge d'une batterie est un processus complexe, il peut être nécessaire de vérifier plusieurs paramètres.

On peut déterminer la fin de charge d'une batterie soit par :

- gestion temporelle.
- gestion par seuil de tension.
- gestion par seuil de courant.
- par variation négative de tension.

On peut également gérer la charge de la batterie par microcontrôleur, on utilise un programme qui va gérer le courant en fonction de la tension de la batterie ou bien détecter une variation négative. Il peut également maintenir la charge de batterie avec un courant de maintien. Mais cette solution demande que le microcontrôleur soit toujours actif durant la charge et cela représente un programme complexe et plus de composants autour du microcontrôleur. Cette solution ne sera pas retenue.

Il existe également des circuits intégrés qui s'occupe de gérer la charge de la batterie. Ils surveillent la température, mesurent le courant qui entre dans l'accumulateur, possèdent une protection contre les inversions de charge et permettent également de régler grâce à une résistance le courant de charge de l'accumulateur. Un circuit a été sélectionné pour accomplir la recharge de l'accumulateur. C'est cette solution qui a été retenue.

De ce fait, un composant a été choisi qui est le MCP73831/2, il s'agit d'un chargeur linéaire a tension constante, celle-ci est fixé d'origine par le fabricant à 4.2V. Il est également adapté à charge d'accumulateur li-po, li-ion et de très petite taille puisqu'il s'agit un boîtier SOT23. Un inconvénient est qu'il peut avoir une tension d'entrée max de 7V, il faudra donc obligatoirement abaisser la tension du secteur ou utiliser un chargeur avec sortie USB en +5V.



<u>Avantage</u>	<u>Inconvénient</u>
Réglage simple du courant de sortie.	+7V max la tension devra être abaissée.
Régulation thermique.	/
Protégé contre les inversions de décharge.	/
Boîtier de très petite taille (SOT 23).	/
Peu de composants à mettre en œuvre autour.	/
Faible coût.	/
Adapter au batterie li-po, li-ion.	/

En vue des très nombreuses qualités de ce composant, il a été retenu pour la partie de charge de la batterie.

-Doit pouvoir connaître l'autonomie.

L'autonomie de la télécommande sera affichée sur l'écran par pourcentage restant. On utilise le CAN du microcontrôleur. Ainsi grâce à la courbe de décharge de la batterie, on pourra estimer son niveau et l'afficher sur l'écran.

-Doit avoir une connectique universelle.

Au niveau de la connectique, un connecteur micro USB est choisi pour recharger la télécommande et transférer les programmes à la télécommande. Il sera alimenté en +5V avec un courant max de 500mA, il est parfaitement adapté à la charge de la télécommande.

-Doit avoir une protection du système et humaine.

Pour protéger le système, un fusible sera installé entre le chargeur et la batterie ainsi qu'en sortie du régulateur.

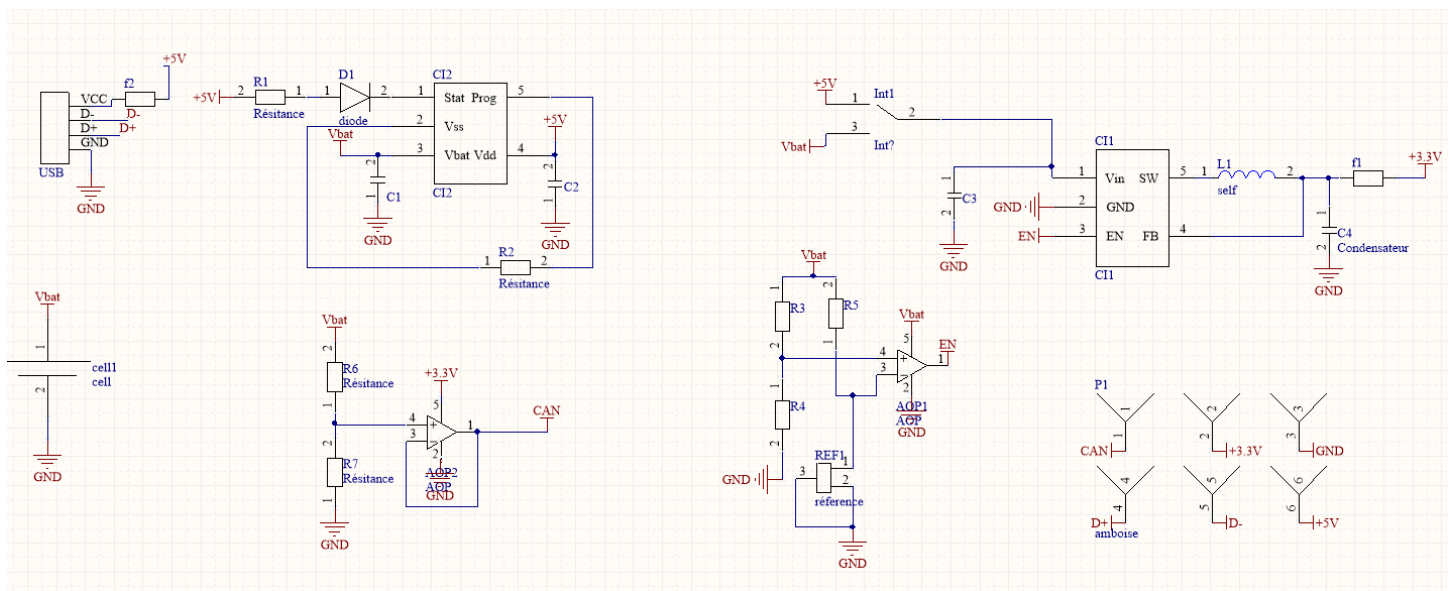
Avec ces deux fusibles si un fort courant arrive à la batterie, le fusible empêchera toute détérioration de celle-ci. Le fusible en sortie du régulateur est le plus important. En effet, si jamais un court-circuit se produit sur la carte, le fusible empêchera que la carte entière soit hors service.

-Doit prendre en compte les contraintes d'espaces des systèmes embarqués.  
(Implantation)

Une carte d'alimentation à part viendra se connecter sur la carte mère. Cette solution a été décidée avec toute l'équipe télécommande pour plus de sécurité. Cette carte comportera l'accumulateur, les composants de charge et d'alimentation, les protections ainsi que le connecteur USB. La batterie sera fixée sur l'arrière de la carte et la carte ne devra pas dépasser les dimensions suivante L :10cm/l :5cm/H :4cm. Des connecteurs seront choisis pour délivrer l'énergie a la carte mère ainsi que les données. Egalement un interrupteur 3 positions sera placé à proximité de la batterie, ce dernier permettra de gérer les différents modes de la télécommande.

## V Analyse structurelle

### Schéma structurel



## Analyse structurelle

### Régulateur à découpage

Nous utilisons un régulateurs Buck LM3671/-Q1.

Le régulateur choisi à un rendement de 95% donné par la datasheet.

#### Description des broches :

Vin (01) : broche d'entrée du régulateur.

GND (2) : connexion du CI a la masse

EN (3) : permet l'activation ou la désactivation du CI si EN>1V alors active le CI, si EN<0.4V désactive le CI.

FB (4) : Dans notre cas cette broche est directement reliée à la borne du condensateur. Elle sert à ajuster la tension de sortie dans les régulateurs ajustables.

SW (5) : La tension de sortie est égale à la tension moyenne à la broche SW dans notre cas à +3.3V.

#### Choix de la capacité d'entrée C<sub>in</sub>:

Le condensateur C<sub>in</sub> est un condensateur de découplage, il doit être placé au plus près de la broche Vin. La datasheet préconise en condensateur de 4.7µF 6.3V.

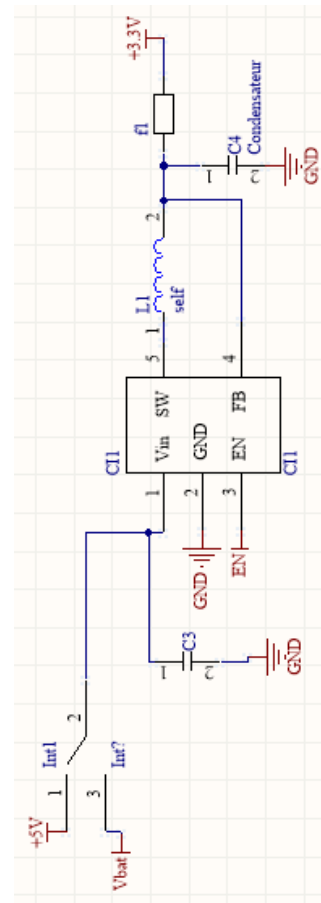
On détermine la fréquence de coupure grâce à la formule :

$$\frac{1}{2\pi RC}$$

Avec :

-R : la résistance de la broche Vin

-C la capacité du condensateur en F



### Choix de la capacité de sortie $C_{out}$ :

Le condensateur  $C_{out}$  est un condensateur de lissage. Il aide à maintenir une tension de sortie constante. La datasheet préconise 10 $\mu$ F à 6.3V. Il est associé à une self qui forme à eux deux un filtre LC passe bas.

On détermine la fréquence de coupure grâce à la formule :

$$\frac{1}{2\pi LC}$$

Avec :

-L : la valeur de l'inductance de sortie en H

-C : la capacité du condensateur en F

### Dissipation thermique

Calcul de dissipation thermique MAX :

$$P_d \max = (V_E - V_S) \cdot I_S$$

$$P_d \max = (3.7 - 3.3) \cdot 0.6$$

$$P_d \max = 0.24 \text{ W}$$

La datasheet nous informe que le composant peut supporter une puissance max de 770mW

Calcul de  $R_{th}$

$$R_{th} = \frac{T_j - T_a}{P_d}$$

$$R_{th} = \frac{125 - 25}{0.24}$$

$$R_{th} = 416^\circ\text{C/W}$$

Avec  $T_j = ^\circ\text{C}$

$T_a = ^\circ\text{C/W}$

$R_{th} = ^\circ\text{C/W}$

$P_d = \text{W}$

## Chargeur de batterie

Ce composant permet de charger une batterie (1 cellule) lipo ou li-ion. Dans notre cas, une batterie lipo sera chargée à 4.2 V à un courant de 170mA.

Tension de sortie :

La tension  $V_s$  est fixe et définie par le boîtier choisi.

$V_s = 4.2$

Courant de sortie :

Le courant de sortie est réglé par la résistance R2. Au max le courant de sortie pourra être de 500mA. Dans notre cas le courant de sortie sera de 170mA.

Donc :

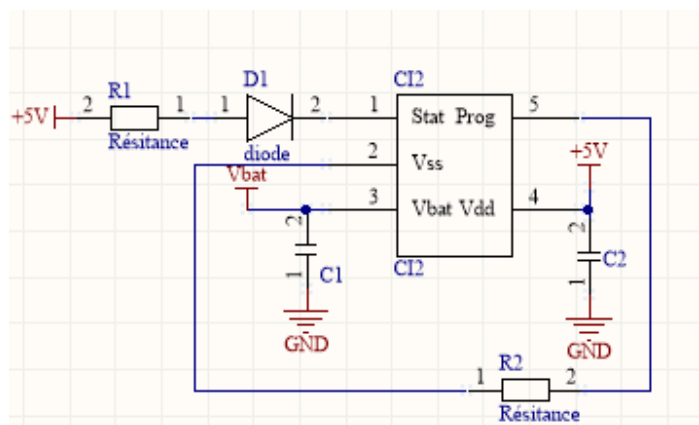
$$\frac{1000v}{R_{prog}} = I_{reg}$$

Avec :

$$R_{prog}=5600\Omega$$

Ireg : 170mA.

1000V donné par le constructeur.



Puissance Dissipée :

$$P_d = (V_{dd} - V_{pTHmin}) \cdot i_{regmax}$$

$$Pd = (5 - 2.7) * 0.1700$$

$P_d = 0.460 \text{ W}$

Avec :

Vdd = 5V

$$V_{pTHmin} = 2.7V$$

Ireg max =0.170 A

Les condensateurs C1 et C2 sont des condensateurs de découplage.

On détermine la fréquence de coupure grâce à la formule :

$$\frac{1}{2\pi RC}$$

Avec :

-R : la résistance des broches en  $\Omega$ .

-C : la capacité du condensateur en F.

Le fabricant préconise deux condensateurs de  $4.7\mu\text{F}$ .

### Temps de charge de la batterie :

$$T = \frac{Q}{I}$$

Avec  
T : en H  
Q : Ah  
I : en A

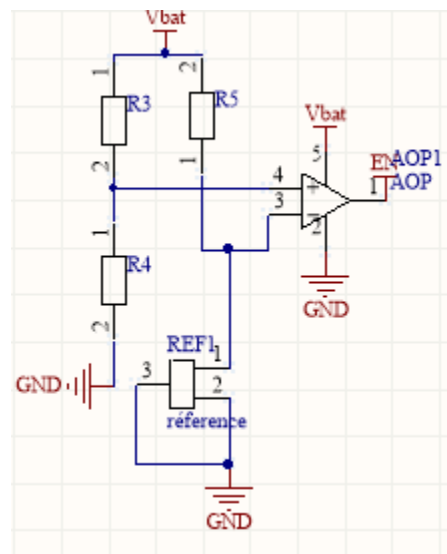
### Montage comparateur

Ce montage qui fonctionne en Comparateur et qui est relié à la broche EN de régulateur permet de le stopper en dessous d'une certaine tension fixée.

#### Système d'arrêt automatique et Broche EN

Une broche d'arrêt automatique (broche 5 : EN) a été prévue. Si la tension descend en dessous 0.4V le régulateur se stoppe et si la broche passe au-dessus de 1V le régulateur fonctionne. Ce système permet d'éviter que la batterie soit déchargée en dessous de son seuil de non-retour.

Une tension de référence 2.5V est appliquée en broche – de l'AOP. La résistance (R5) servant à limité le courant pour le référenceur.



Le pont diviseur permet d'avoir une tension qui permettra qu'au minimum de batterie d'être en dessous de 2.5V.

Tableau récapitulatif des tensions de sortie du pont diviseur par rapport à l'entrée :

$$Vs = Vbat \frac{R4}{R3 + R4}$$

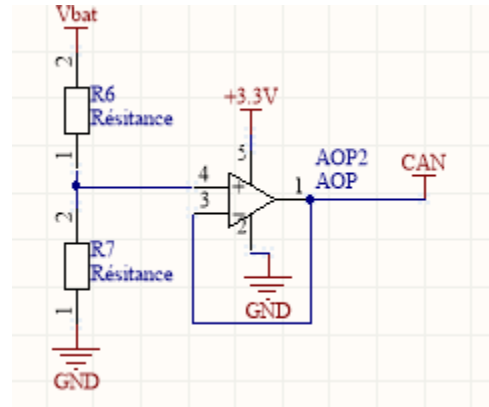
$$Vs = Vbat * 0.72$$

Vbat	4.2	3.7	3.48
Vs	3.01	2.65	2.5

## Montage suiveur

Pour connaître la tension de la batterie, on utilise un CAN intégré dans le microcontrôleur.

Le montage permet d'adapter la tension de la batterie pour l'envoyer directement à la broche du CAN donc grâce au pont diviseur au maximum de tension de la batterie on aura une tension  $V_{sat}$  : +3.3V qui ne détériora pas le microcontrôleur.



$$V_s = V_{bat} \frac{R7}{R6 + R7}$$

$$V_s = V_{bat} * 0.78$$

Tableau récapitulatif des tensions de la batterie par rapport à la sortie de l'AOP :

Vbat	4.2	3.7	3.5	3
Vsat	3.3	2.91	2.75	2.36

## Accumulateur

Par souci de prototypage on utilisera une batterie déjà en stock qui correspond à la batterie initialement choisie sauf au niveau de la capacité.

Batterie sélectionnée :

Li-po

Tension nominale : 3.7V

Capacité : 1200mAh

Batterie de prototypage :

Li-po

Tension nominale : 3.7V

Capacité : 570mAh

Les calculs vus dans les sections précédentes correspondent à la batterie de prototypage.

Dans le cas où la batterie sélectionnée aurait été achetée, on aurait remplacé la résistance de 5600  $\Omega$  par une résistance de 2000  $\Omega$ . Cette dernière aurait garanti une charge plus rapide.

Rappel :

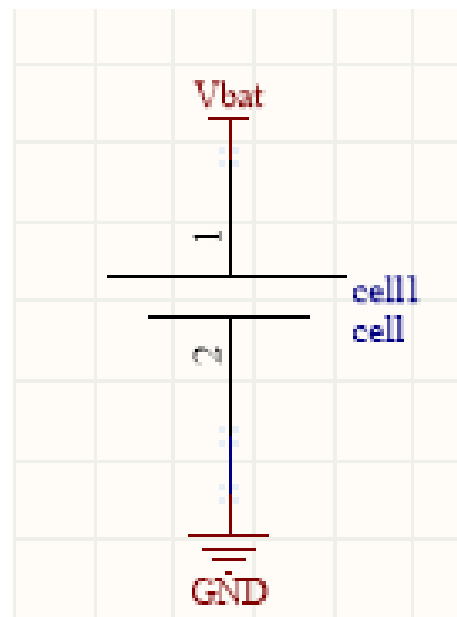
$$\frac{1000v}{R_{prog}} = I_{reg}$$

Avec :

$R_{prog}=2000\Omega$

$I_{reg} : 500mA$ .

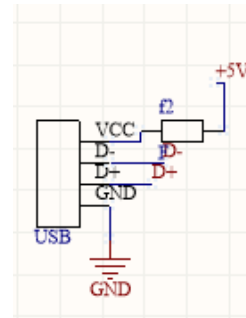
1000V donné par le constructeur.





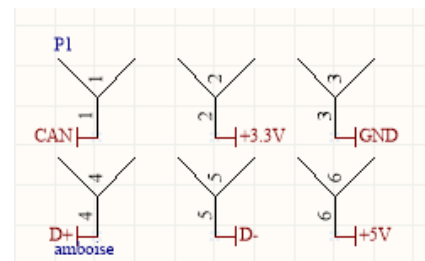
## USB

Un micro USB qui permet le rechargement et la programmation. Un fusible thermique à action rapide de 630mA est branché au +5V pour protéger le montage en cas de défaut du montage.



## Broche de connexion

Un connecteur à 6 broches permet de relier la carte d'alim à la carte mère.



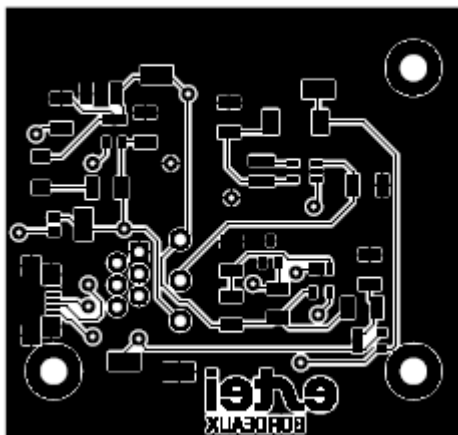
## VI Fabrication

### 1. Nomenclature

Désignation	Description	Caractéristique	Température de fonctionnement	Fournisseur	Référence	Code commande	Quantité	Prix UHT	Lot	Prix TTC
C11	Régulateur	Vs=3,3V/Iout=600mA	-30°C à 85°C	Farnell	LM3671MF-3,3/NOPB	1685767	1	0,78 €	1	0,78 €
C12	Chargeur	Vbat=4,2V/Iout=régulable	-40°C à 85°C	Farnell	MCP73831T-2ACI/OT	1332158	1	0,56 €	1	0,56 €
C13	Référence Tension	Vs=2,5V	-40°C à 85°C	Farnell	LM4040DIM3-2,5	9778322	1	0,677	1	0,677
D1	DEL	2,1V/20mA	-40°C à 85°C	Farnell	KPTL-3216CGCK-01	2217905	1	0,178	1	0,178
L1	L1	2,2µH;7A eff;11A sat;0,02Ω	-55°C à +150°C	Farnell	PFL3215-222MEB	2288767	1	0,864	1	0,864
R1	R1	200Ω;250mW±5%	-55°C à +125°C	Farnell	ERJ8GEY201V	2057818	1	0,0258	10	0,258
R2	R2	5,6kΩ;500mW±1%	-55°C à +125°C	Farnell	CRGH1206ISK6	2331875	1	0,0442	10	0,442
R3	R3	15,4kΩ;125mW±1%	-55°C à +125°C	Farnell	MC0125W1206115K4	2142245	1	0,0033	10	0,033
R4	R4	39kΩ;125mW±1%	-55°C à +125°C	Farnell	MC0125W1206139K	9336486	1	0,0033	10	0,033
R5	R5	1,69kΩ;125mW±1%	-55°C à +125°C	Farnell	MC0125W120611K69	2142194	1	0,0038	10	0,038
R6	R6	30kΩ;125mW±1%	-55°C à +125°C	Farnell	MC0125W1206130K	9336320	1	0,0037	10	0,037
R7	R7	110kΩ;125mW±1%	-55°C à +125°C	Farnell	MC0125W12061110K	9335838	1	0,0032	10	0,032
C1,C2,C3	C1,C2,C3	4,7µF;6,3V±10%	-55°C à +125°C	Farnell	MCI206F475250CT	1759452	1	0,0949	5	0,4745
C4	C4	10µF;16V±10%	-55°C à +125°C	Farnell	MCI206K106K160CT	2320922	1	0,0936	5	0,468
AOP	AOP	Tmax = 1,8V à 6V	-40°C à 85°C	Farnell	MCP6001T-1/OT	4974992	2	0,254	1	0,508
USB	USB	MicroUSB type B	/	Farnell	ZX62D-B-5PA8(30)	2554981	1	0,706	1	0,706
Int	Interrupteur	Type:SPDT	/	Farnell	1103M233CQE2	1437698	1	3,19	1	3,19
JP	connecteur	1,27mm,6 contact	/	Farnell	7-215079-6	148519	1	0,769	1	0,769
Nappe	Nappe	1,27mm,6voies,100m	/	Farnell	1483351-1	1056210	1	2,72	1	2,72
Fusible	F1	400mA	/	Farnell	0448-400MR	1596918	1	1,15	1	1,15
Fusible	F2	630mA	/	Farnell	MFU0603FF0630P100.	2057159	1	0,364	1	0,364
connecteur batt	Cb	pas 2mm	/	spark fun	PRT-08612	PRT-08612	1	0,95	1	0,95
Cell	Batterie	Tnom=3,7V;1200mAh	0°C à +40°C	Robotshop	RB-Ada-314	RB-Ada-314	1	9,3	1	9,3
								Prix total		29,44 €

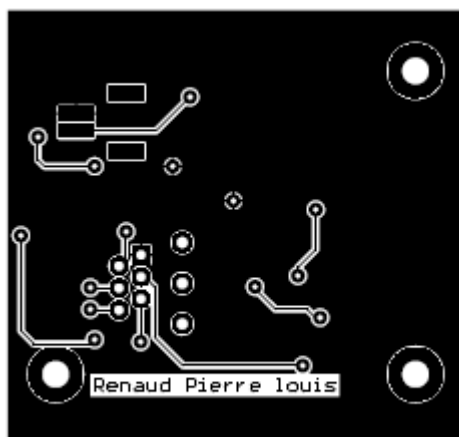
## 2. Plan

### Top



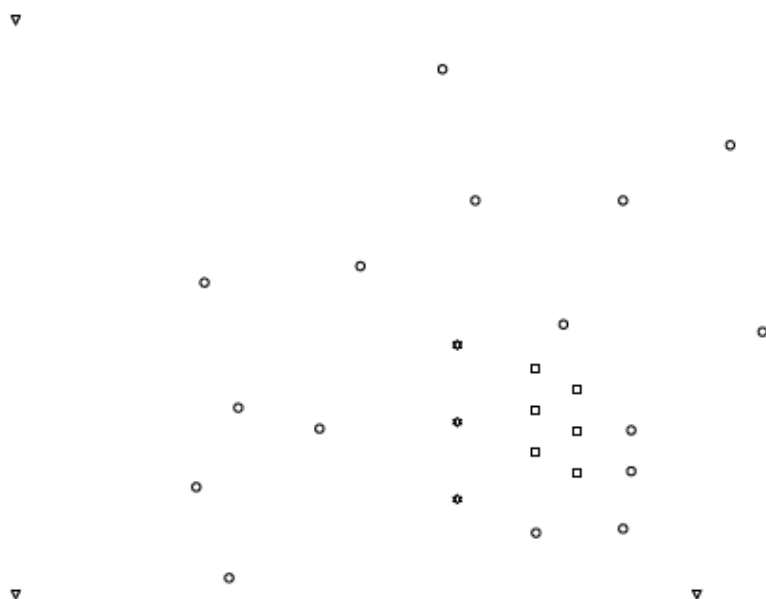
*a Echelle 1:1*

### Bottom



*b Echelle 1:1*

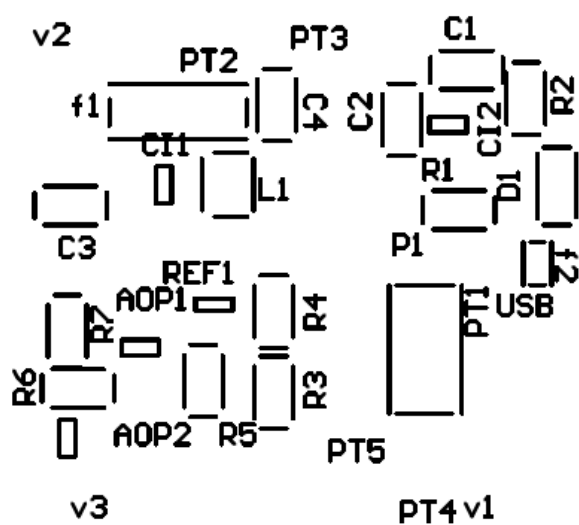
## Plan de perçage



Légende :

- étoile : 1.2mm
- rond : 0.6mm
- carré : 1mm
- triangle : 3mm

## Schéma d'implantation



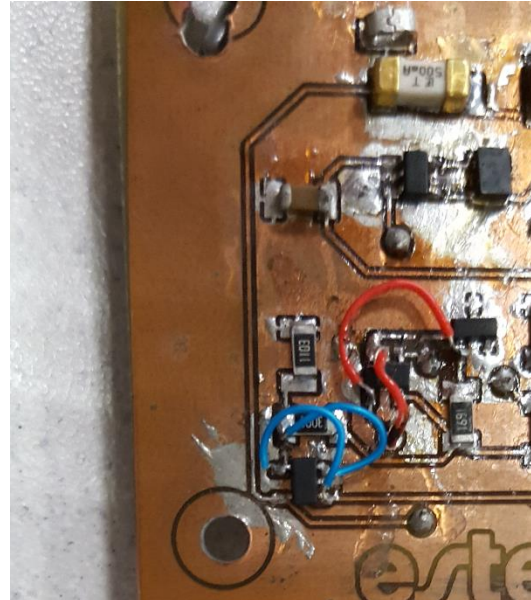
### 3. Tests de fonctionnement

A la suite de la fabrication, une inspection visuelle a été effectuée puis des tests ohmiques pour vérifier d'éventuelles microcoupures et des jonctions à la masse.

Lors du premier démarrage de la carte, des erreurs ont été remarquées dues à des problèmes de routage. Des rattrapages de soudure ont été effectués au niveau du chargeur et des reprises filaires au niveau des AOP.



*Soudure reliant la masse à la résistance*



*Reprise filaire dû à l'inversion des broches V+ et V- des AOP*

## VII Programmation

### Etude de registres

#### Registres **ADCSC1**

7	6	5	4	3	2	1	0
COCO	AIEN	ADCH	ADCH	ADCH	ADCH	ADCH	ADCH

ADCH [0 :4] : bits permettant la sélection de la voie de conversion. (00010)

ADCO : si à 1, le convertisseur réalise la conversion en continue de la voie présélectionnée.

COCO : indicateur de fin de conversion accessible en lecture seul. Si égal à 1 : la conversion est terminée. RAZ lors d'une écriture du registre ADCSC1 ou lecture du registre de résultat ADCRL.

Les autres bits sont laissés à leurs état par défaut.

### Registres **ADCRL/H**

Double registre de résultat en lecture seule.

7	6	5	4	3	2	1	0
ADCRH	ADCRH	ADCRH	ADCRH	ADCRH	ADCRH	ADCRH	ADCRH

7	6	5	4	3	2	1	0
ADCRL	ADCRL	ADCRL	ADCRL	ADCRL	ADCRL	ADCRL	ADCRL

### Registres **ADCCFG**

7	6	5	4	3	2	1	0
ADLP	ADIV	ADIV	ADLMSP	MODE	MODE	ADICLK	ADICLK

ADIV : définit la pré division de l'horloge de la fonction CAN

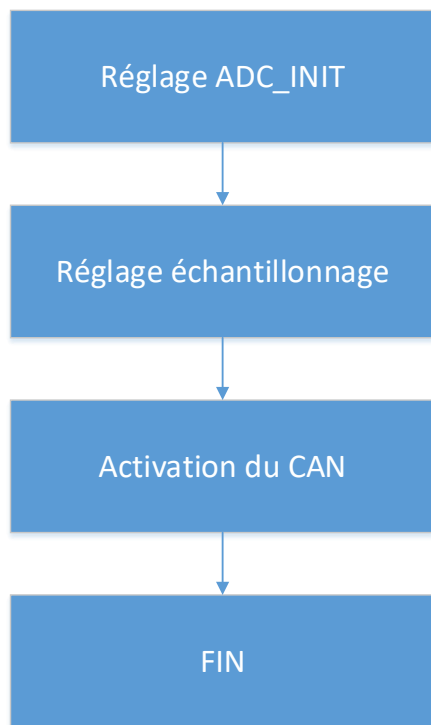
Mode : sélectionne la résolution du CAN. 00 résultat en 8 bits.

ADICLK : sélectionne la source de l'horloge du CAN. 00 sélectionne l'horloge du bus principal du microcontrôleur comme source.

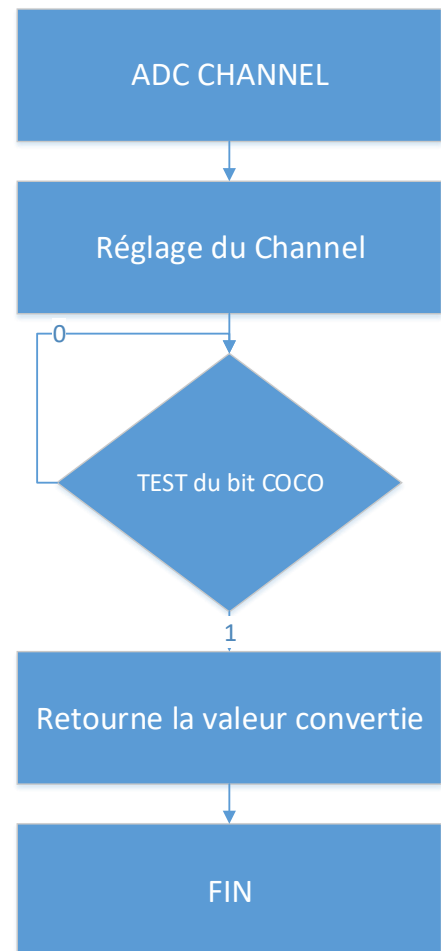
<p>Pas :</p> $\frac{\text{Tension pleine echelle}}{(2^n)-1} = \frac{3.3}{(2^8)-1} = 0.012$ <p>Avec :</p> <p>N= résolution du convertisseur</p> <p>Tension pleine échelle (3.3V)</p>	<p>Fréquence d'échantillonnage :</p> $\frac{F_{bus}}{8}$
---	--

## Algorigramme niveau 1

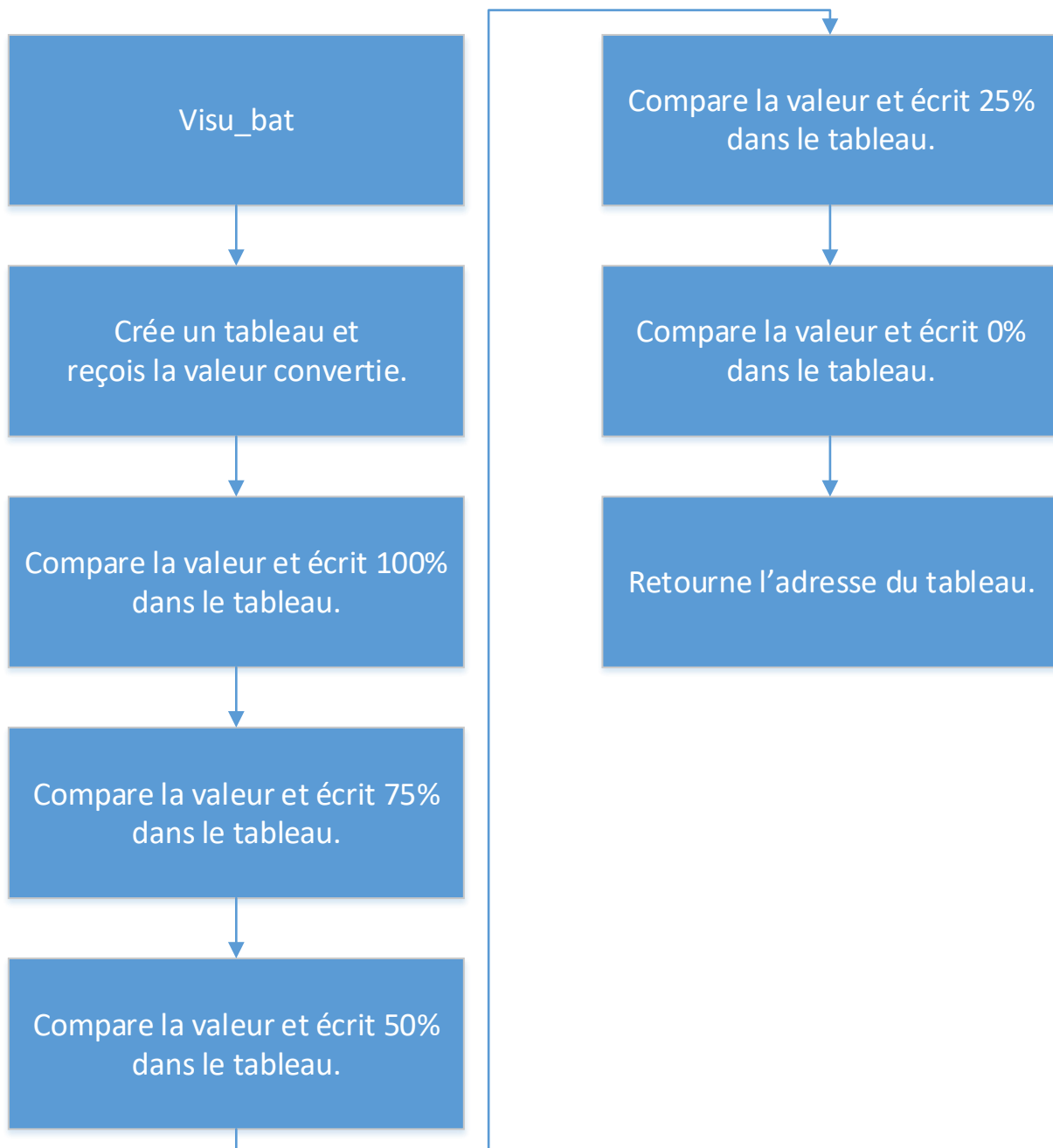
### Réglage et init CA



Fréquence  
d'échantillonnage =  $F_{bus}/8$



## Visu batterie





## VIII Mesures et validation

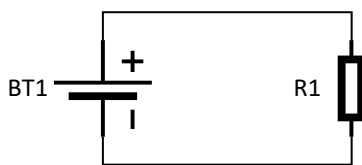
### Test de l'accumulateur

Protocole de test :

Pour tester la batterie, on branche une résistance qui simule dans des conditions de consommation max la décharge de l'accumulateur.

On calcule la résistance en fonction de la consommation de courant que l'on désire simuler.

Schéma de câblage :



Résultat :

#### Calcul théorique

$$R = \frac{T}{I}$$

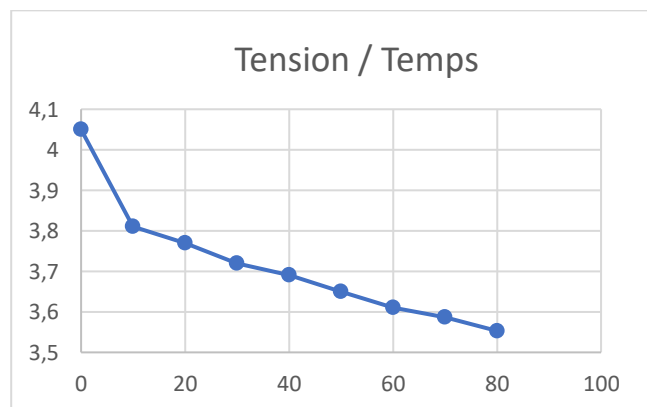
$$16 = \frac{4.2}{0.265}$$

Tension : 4.2

Résistance : 16Ω

Courant : 0.265

Temps (min)	Tension (V)	Courant (A)
0	4,05	0
10	3,81	0,219
20	3,77	0,203
30	3,72	0,208
40	3,69	0,2
50	3,65	0,2
60	3,61	0,217
70	3,587	0,216
80	3,553	0,214



## Protocole de test de la carte

Tous les tests seront effectués avec la batterie branchée. Le chargeur est réglé à un courant de charge de 0.178 A. L'accumulateur de 570 mAh sera chargé en 3,2h soit 3H12MIN.

Tension batterie : 3.7V.

PT 1 : 5V      PT 2 : 3.3V

PT 3 : Vbat      PT 4 : CAN

### Position off

Int en position milieu. (Branché)

Mesure /Résultat	Attendu	Mesuré
Led de charge allumée ? :	OUI	OUI
Tension au point test 1	5V	4.98V
Tension au point test 2	0V	0V
Tension au point test 3	VBat	3.928V
Tension au point test 4	0V	0V

### Position off

Int en position milieu. (Débranché)

Mesure /Résultat	Attendu	Mesuré
Led de charge allumée ? :	NON	NON
Tension au point test 1	0V	0V
Tension au point test 2	0V	0V
Tension au point test 3	Vbat	3.802V
Tension au point test 4	0V	0V

### Position on(branché)

Mesure /Résultat	Attendu	Mesuré
Led allumé ? :	OUI	OUI
Tension au point test 1	5V	4.89V
Tension au point test 2	3.3V	3.365V
Tension au point test 3	Vbat	3.916V
Tension au point test 4	2.80V	2.82V

### Position on (débranché)

Mesure /Résultat	Attendu	Mesuré
Led allumé ? :	NON	NON
Tension au point test 1	0V	0V
Tension au point test 2	3.3V	3.365V
Tension au point test 3	Vbat	3.808V
Tension au point test 4	2.9V	2.994

### Position programmation

Mesure /Résultat	Attendu	Mesuré
Led allumé ? :	OUI	OUI
Tension au point test 1	5V	4.89V
Tension au point test 2	3.3V	3.362V
Tension au point test 3	Vbat	3.915V
Tension au point test 4	3V	3.085V

### Protocole de test de décharge de la batterie.

1. La carte d'alimentation positionnée en mode ON, sans connexion USB.
2. Le test effectué avec la batterie entièrement chargée (4.2V).
3. Une résistance branchée en sortie consommera une puissance équivalente à l'électronique embarquée de la télécommande.
4. Relevés (toutes les 2 mins)
  - a. Tension batterie
  - b. Tension CAN
5. Tension de sortie du régulateur :
  - a. Contrôle au démarrage.
  - b. Contrôle régulier.

Calcul de la résistance de sortie pour consommer 1 watt sous 3.3V en sortie (soit 330mA) :

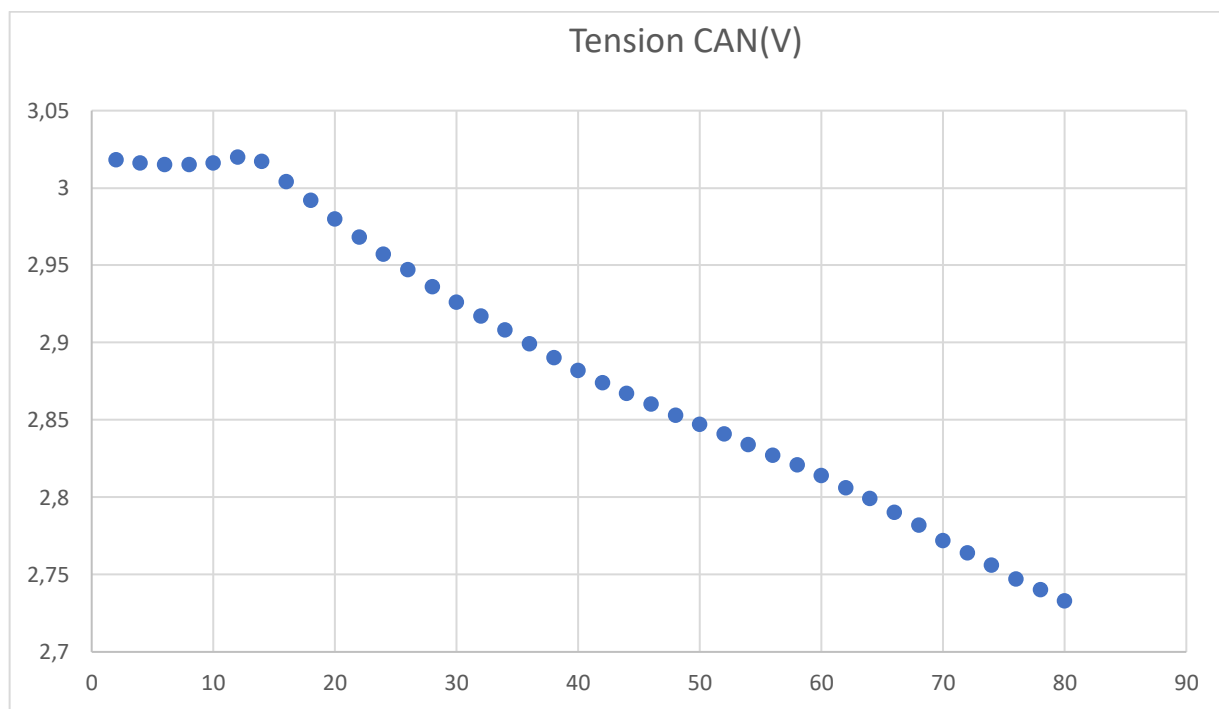
$$R = \frac{U}{I} = \frac{3.3}{0.300} = 11\Omega$$

Choix de la résistance 10  $\Omega$  50W 5%

Matériel utilisé :

-Métrix MX545

-TENMA 72-7765

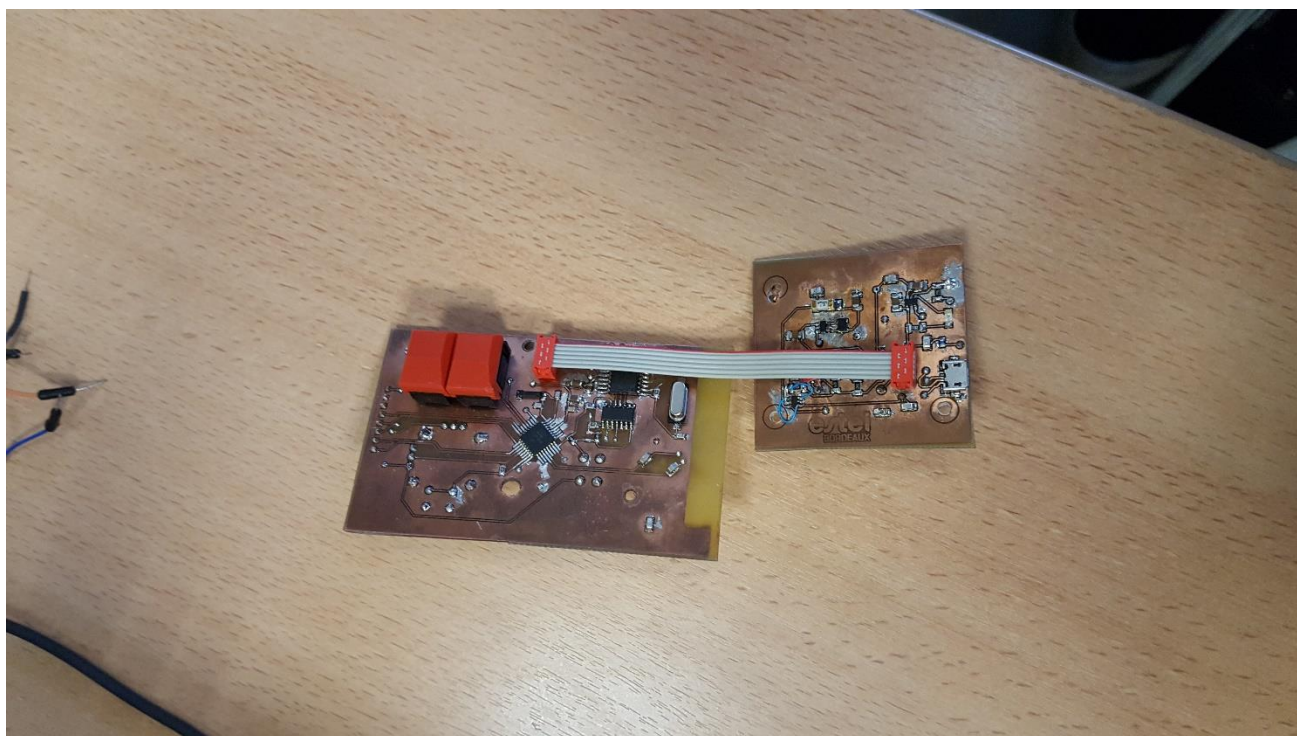


## IX Conclusion

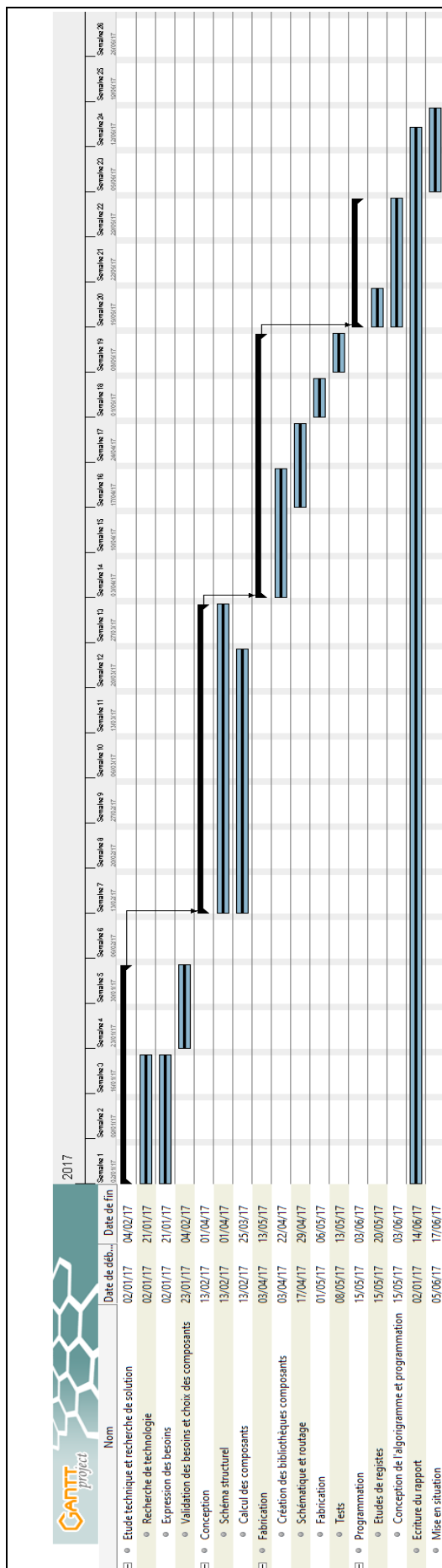
Dans le cadre de la réalisation de ce projet, il m'a été confié la tâche de créer et mener à son terme l'élaboration de l'alimentation de la télécommande.

Dans un 1<sup>er</sup> temps, il y a eu la phase de recherche afin de choisir les composants les mieux adaptés afin d'optimiser les capacités de cette alimentation. Après étude des différentes possibilités, j'ai sélectionné des composants les plus à même de remplir les conditions du cahier des charges.

Ensuite, il y a eu la phase de fabrication de la carte ou quelques soucis sont apparus. Après résolution de ces problèmes, l'alimentation de la télécommande est aujourd'hui en capacité de fonctionner.

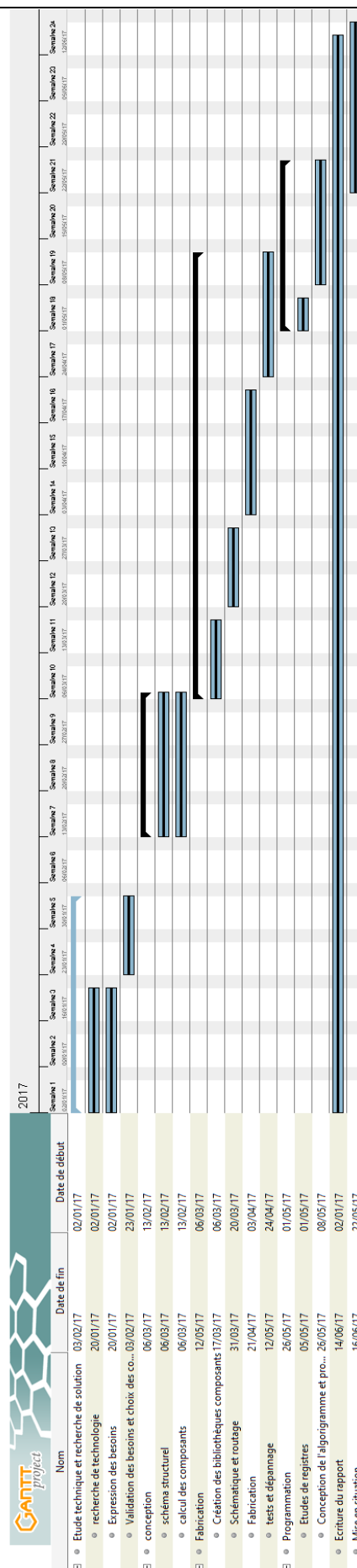


La réalisation de ce projet en commun nous a permis de nous mettre en situation et d'aborder tous les aspects de la création d'un produit nouveau et donc de toucher du doigt la problématique du travail d'un ingénieur.



← Planning  
prévisionnel

Planning réel →



## Annexes

### Logiciel utilisé :

Nous avons utilisé le logiciel Altium designer qui est un logiciel de CAO et qui nous a permis de concevoir la schématique de la carte ainsi qu'en faire son routage.

### Matériel utilisé :

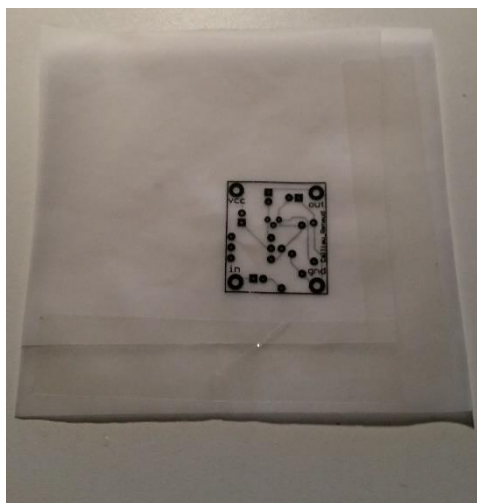
**Hydroxyde de sodium** : de la Soude, c'est un composé chimique très corrosif.

**Perchlorure de fer** : On utilise ce composé pour attaquer le cuivre qui se trouve sur le PCB.

**PCB** : c'est une plaque d'époxy couverte de cuivre protégé par une résine photosensible.

### Découpage et insolation

On découpe la plaque de PCB de la taille du typon en laissant une marge, puis on glisse le PCB entre les deux calques, face inférieure et supérieure, où est imprimé le typon. Par la suite on place l'ensemble dans l'insoleuse. La machine réduit la pression jusqu'à 0.4 bar sous une feuille plastique pour éviter d'éventuelles bulles. L'insoleuse va dégrader la couche de vernis non protégée par l'impression du typon. Cette étape dure environ 1min30.



*Ci-dessus le typon que l'on met dans l'insoleuse dans lequel on insère le PCB.*



*Ci-dessus l'insoleuse.*



*Ci-dessus insoleuse avec tiroir ouvert.*

### Révélation

Durant cette phase on détruit la résine dégradée grâce à une solution d'hydroxyde de sodium. Seule la partie endommagée par les UV est détruite.

### Gravure

On utilise du perchlorure de fer pour détruire la couche de cuivre qui n'est plus protégée par le vernis.

Cette étape dure 2min30. On peut commencer à voir les changements à vue d'œil dans les trente dernières secondes. Il peut être nécessaire de le laisser plus longtemps si le perchlorure de fer a été beaucoup utilisé.

### Finition

On utilise encore de l'hydroxyde de sodium pour enlever la résine restante qui se trouve sur les pistes fraîchement gravées. On peut appliquer un produit qui permet d'améliorer les connections et on peut limer le PCB pour adoucir les bords



### Perçage

On utilise selon les besoins des forets de différentes tailles : 0.6mm, 0.8mm et 2.6mm dans notre cas, pour percer les trous dans notre circuit imprimé. On doit faire preuve d'une grande précision pour ne pas détériorer la carte. Lorsque nos trous ont été percés, on peut insérer les composants, des plus petits aux plus hauts pour des raisons pratiques.

### Soudure

Pour la soudure on place les broches dans les trous. On chauffe ensuite la broche et la pastille au contact du fer à souder (380°C) puis on y dépose de l'étain à partir d'une bobine de fil. Si tout est à la bonne température l'étain forme alors un amalgame conique entre la broche et la pastille.



*Ci-dessus les foreuses utilisées*



*Ci-dessus la graveuse*

Calcul de dimension de la batterie :

Nom	Tension	Courant	Puissance
Yassine	3,3	0,035	0,1155
Thomas	3,3	0,15	0,495
Joris	3,3	0,031	0,1023
Pilou	3,3	0,08	0,264
Total courant :		0,296	
Total Puis:			0,9768
Autonomie en heure	1,25	1	0,25
Energie Conso Wh	1,221	0,9768	0,2442
Tension batterie V	3,7	3,7	4,2
Ah	0,33	0,264	0,058142857
marge d'erreur	1,2	1,2	1,2
Ah(avec erreur)	0,396	0,3168	0,069771429

Détail du pour 1H :

$$Ah = \frac{V}{(Puis * T)}$$

$$0.264 = \frac{3.7}{(0.9768 * 1)}$$

## Bilan énergétique

### Besoin énergétique

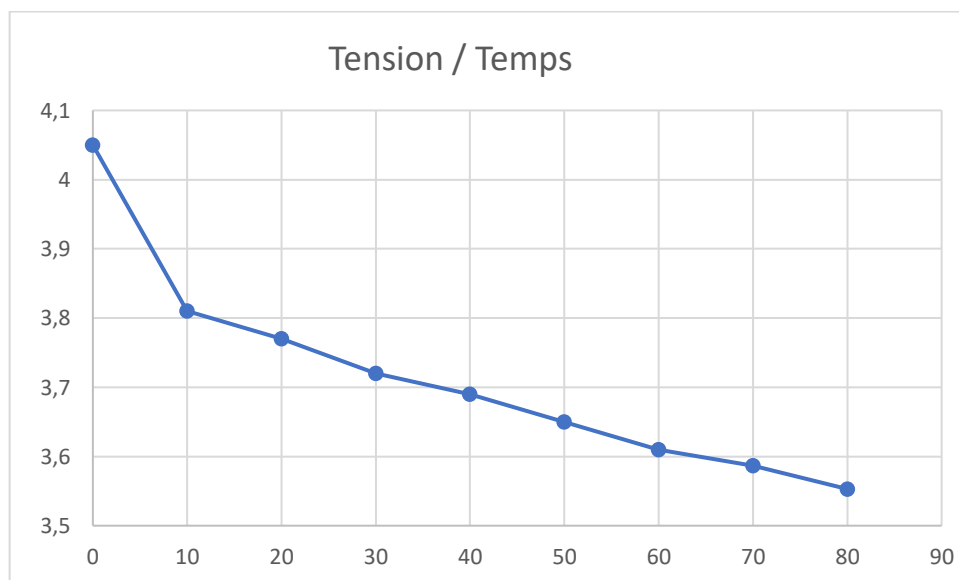
Nom	Tension	Courant	Puissance
Yassine	3,3	0,035	0,1155
Thomas	3,3	0,15	0,495
Joris	3,3	0,031	0,1023
Pilou	3,3	0,08	0,264
	Total courant :	0,296	
		Total Puis:	0,9768

### Accumulateur

Accumulateur lion-polymère

Tension nominale : 3.7V

Capacité : 570mAh



Test décharge de l'accumulateur.

Tension de l'accumulateur chargé 4.05V

Tension nominal 4.6V

## Composant de puissance

### Régulateur de tension : LM3671

Tension de sortie 3.3V

Courant max : 0,600 A

Rendement : 95%

Puissance dissipé max =(Ve-Vs) \*Is

$$= (3.7-3.3) * 0.600$$

$$= 0.240W$$

$$R_{th} = \frac{t_j - t_a}{P_d}$$

$$R_{th} = \frac{125-25}{0.240} = 416^{\circ}C/W$$

$$R_{th} = 130^{\circ}C/W$$

Avec : Tj :125 °C

: Ta :25°C

: Pd :0.240W

## Programme en langage C

A gauche le programme .C

```
1 /*
2  * can.c
3  * Created on: Apr 20, 2017
4  * Author: Renaud Pierre Louis
5  */
6 #include "can.h"
7 #define bat 0x02 // Channel ADC* Batterie Telecommande
8 unsigned char *toto="55";
9 void ADC_init(void){
10     ADCFG_ADICLK=0x00; //fréquence d'échantillonnage
11     ADCCFG_ADIV=0x06; // Fréquence d'échantillonnage = Fbus/8
12     ADCSC1_ADSC=0x01; // Activation ADC
13     return;
14 }
15 /*Partie ADC*/
16 char ADC(char Channel){
17     ADCSC1_ADCH=Channel;
18     while(!ADCSC1_COCO);
19     return ADCRL;
20 }
21 unsigned char* Visu_bat(void){
22     char val_bat;
23     val_bat=ADC(bat); //val_bat recois la valeur de conversion
24     if(val_bat>=247 && val_bat<=255){
25         toto="100%";
26     }
27     else if(val_bat<=246 && val_bat>=237){
28         toto="75%";
29     }
30     else if(val_bat<=236 && val_bat>=220){
31         toto="50%";
32     }
33     else if(val_bat<=219 && val_bat>=212){
34         toto="25%";
35     }
36     else if(val_bat<=212 && val_bat>=203){
37         toto="0%";
38     }
39     return toto; //valeur de la batterie.
40 }
```

A droite le header .h

```
1 /*
2  * can.h
3  *
4  * Created on: Apr 20, 2017
5  * Author: pilou
6  */
7
8 #ifndef CAN_H_
9 #define CAN_H_
10 #include "derivative.h"
11 #include <hidef.h>
12
13 unsigned char* Visu_bat(void);
14 char ADC(char);
15 void ADC_init(void);
16 #endif /* CAN_H_ */
17
```